

**ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАЗОКОМПРЕССОРНЫХ
СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДА ПАРАБЕЛЬ-КУЗБАСС**

УДК 69.059
ГОУ ВПО «Томский
государственный
архитектурно-строительный
университет», г. Томск

Кумняк Олег Григорьевич
*Заведующий кафедрой «Железобетонные
и каменные конструкции»,
доктор технических наук, профессор*

Галяутдинов Заур Рашидович
*Доцент кафедры «Железобетонные
и каменные конструкции»,
кандидат технических наук, доцент*

Однокопылов Георгий Иванович
*Заведующий лабораторией автоматизации экспериментов,
кандидат технических наук*

Пахмурин Олег Равильевич
*Доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»,
кандидат технических наук, доцент*

Линейные газокompрессорные станции магистральных газопроводов компенсируют снижение давления в трубопроводе, поддерживая его на расчётном уровне. Основное технологическое оборудование газокompрессорных станций – компрессорные установки: центробежные нагнетатели с приводом от электродвигателя СТД-4000 (синхронный трехфазный двигатель мощностью 4000 кВт, работающий в режиме 3000 об/мин). Производственный корпус компрессорной станции расположен в одноэтажном двухпролетном промышленном здании со стальным каркасом. Сооружение, размерами в плане 15×78 м, разделено перегородкой на машинный и насосный залы (рис. 1).

Компрессорные установки расположены на фундаментах призматической формы выполненных из монолитного железобетона. Фундаменты размерами $l \times b \times h = 7,2 \times 3,2 \times 2,8$ м установлены на свайном основании.

Исследование технического состояния здания показало, что несущие конструкции металлического каркаса находятся в работоспособном состоянии [4] и удовлетворяют требованиям нормативных документов [2] и проекта. Вместе с тем, в фундаментах под газоперекачивающие агрегаты были выявлены горизонтальные и вертикальные трещины шириной раскрытия 0,05-0,1 мм (рис.2). Анализ полученных при обследовании данных свидетельствует о том, что наличие трещин в теле фундамента обусловлено низкой, по сравнению с проектной, прочностью бетона. Исследование прочности бетона фундаментов неразрушающими методами контроля показало, что бетон соответствует классу В12.5 (М150), что ниже проектной марки бетон равной М200.

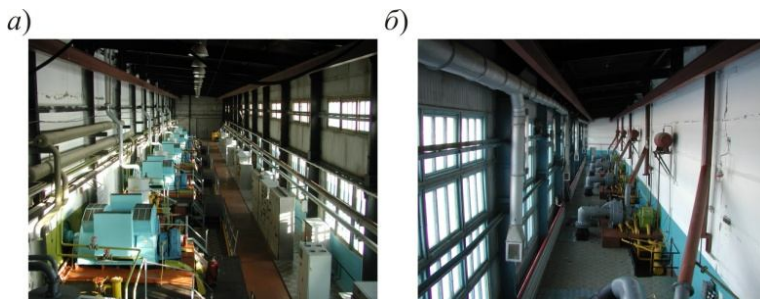
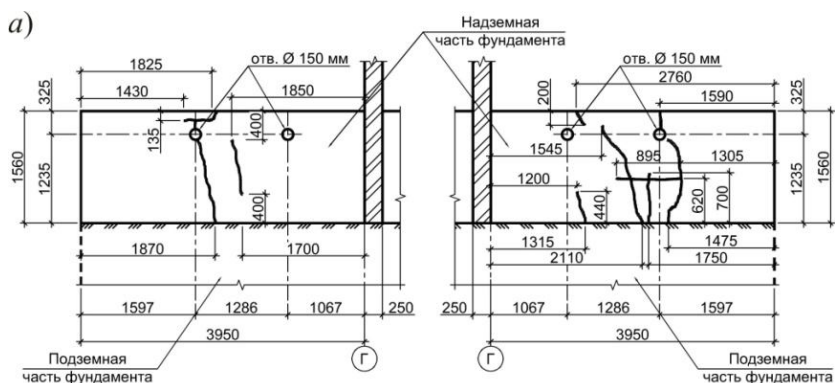


Рис. 1. Машинный (а) и насосный (б) залы газокompрессорной станции



б)



Рис. 2. Схема расположения трещин на боковой поверхности фундамента (а) и общий вид трещин (б)

Наличие трещин в теле фундаментов приводит к снижению их монолитности и способствует разуплотнению бетона при циклическом нагружении. Для выявления степени влияния трещин на эксплуатационные характеристики фундаментов была проведена оценка их колебаний.

Измерение горизонтальных и вертикальных ускорений и перемещений отдельных точек фундамента при циклическом динамическом воздействии осуществлялось пьезоэлектрическими акселерометрами типа

4382(4383) с усилителями заряда 2634 и блоком питания 2805 датской фирмы «Брюль и Кьер». Показания датчиков ускорений фиксировались при помощи измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) МИС–300, обеспечивающего измерение показаний акселерометров с частотой 64000 Гц с разрешением 16 двоичных разрядов. Определение единицы младшего разряда (ЕМР) примененных акселерометров совместно с ИВК МИС–300 выполнялось на прецизионном виброкалибраторе АТ02. Примененная при проведении виброиспытаний конфигурация ИВК МИС–300 позволила проводить измерения мгновенных значений ускорений в пределах $\pm 32,1 \text{ м/с}^2$ с диапазоном измеряемых частот до 7000 Гц. Схема подключения испытательного оборудования включает 6 акселерометров и показана на рис.3.

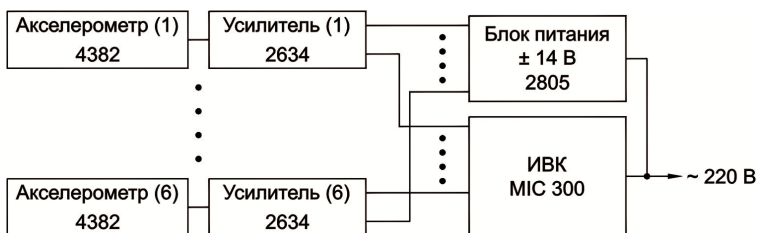


Рис. 3. Схема подключения испытательного оборудования при проведении виброиспытаний фундаментов

Схема расстановки акселерометров приведена на рис.4,а. В каждой точке измерения (рис.4,а) устанавливался двумерный акселерометр ориентированный одной осью для измерения вертикальных ускорений, а другой – горизонтальных (перпендикулярно оси расположения двигателя на фундаменте). Крепление акселерометров на фундамент осуществлялось, согласно рекомендаций фирмы «Брюль и Кьер», при помощи воска [5]. Методика получения значений перемещений по показаниям акселерометров была выполнена также в соответствии с рекомендациями фирмы «Брюль и Кьер» [5]. Гармонические сигналы, отображающие ускорение, скорость и перемещение механических колебаний, связаны друг с другом через точно определенные математические выражения. Интегрирование этих сигналов может быть получено делением на пропорциональный коэффициент, включающий возведенную в квадрат угловую частоту, при этом постоянная интегрирования положена равной нулю, что допустимо для сигналов с синусоидальной формы волны.

Для вычисления амплитудных значений горизонтальных (вертикальных) перемещений, необходимо определить амплитудные значения горизонтальных (вертикальных) ускорений гармонических сигналов с угловыми частотами соответствующими собственной частоте фундамента.

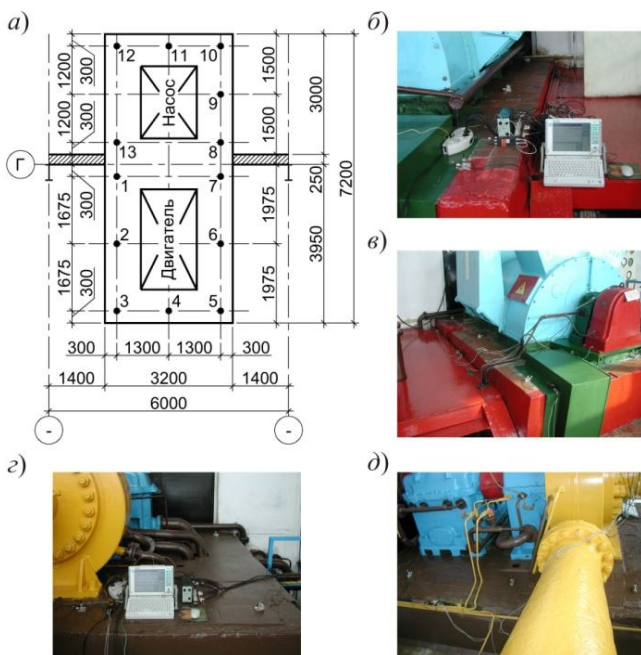


Рис. 1. Схема расположения датчиков ускорений (а), ИВК МС-300 с акселерометрами установленным на фундаменте в машинном (б, в) и насосном (г, д) залах

Для этого измеренный массив ускорений разлагается в ряд Фурье и выделяется первая гармоническая составляющая. На основе выделенных частот вычисляются угловые частоты. На основе информации о собственных частотах колебаний фундаментов должны быть удалены гармонические составляющие с частотами большими, чем собственная частота фундамента. Далее из преобразованных массивов определяются амплитудные значения ускорений, на основе которых рассчитываются амплитудные значения перемещений.

Для математической обработки сигналов акселерометров применена лицензионная программа обработки экспериментальных данных Winpro, входящая в комплект программного обеспечения ИВК МС-300.

На рис.5 и 6 показаны фрагменты акселерограмм с полным и ограниченным спектром частот. На рис.7 показан фрагмент виброграммы 7 акселерометра.

Специфика испытаний проявилась в повышенном уровне акустических, электромагнитных полей и выполнении мер, связанных с взрывобезопасностью проводимых работ.

Обработка опытных данных колебаний фундаментов под основное технологическое оборудование показала, что амплитуда горизонтальных колебаний тела фундаментов изменяется в пределах 0,011-0,213 мм, а амплитуда вертикальных колебаний – 0,01-0,02 мм. В соответствии с требованиями СНиП 2.02.05–87 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками» [3] предельно допустимая амплитуда горизонтальных колебаний составляет 0,05 мм, т.е. горизонтальные перемещения отдельных точек тела фундамента превышают предельно допустимые значения.

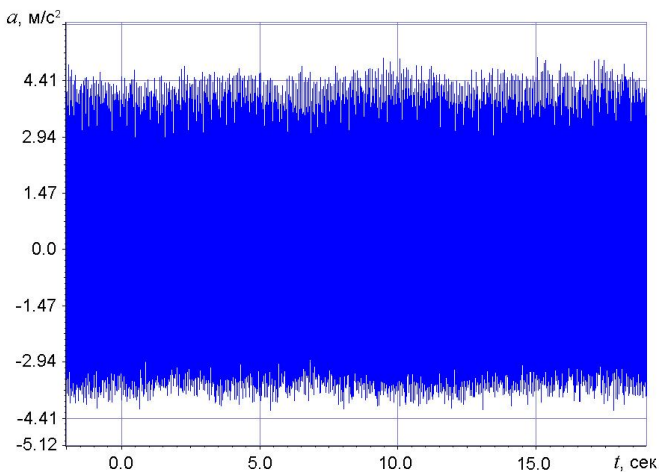


Рис. 5. Показания акселерометра 7 с неограниченным спектром частот

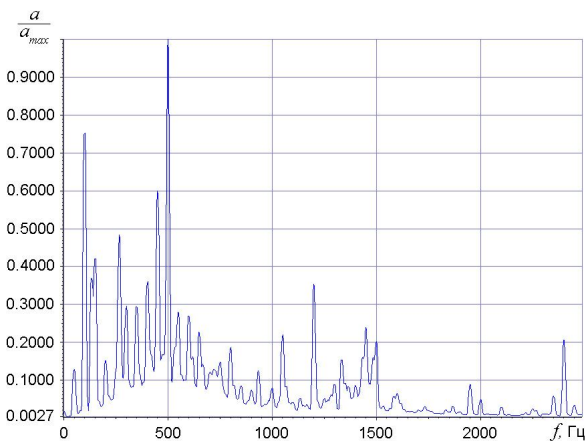


Рис. 6. Спектральный состав колебаний фундаментной плиты в диапазоне частот 0-2500 Гц

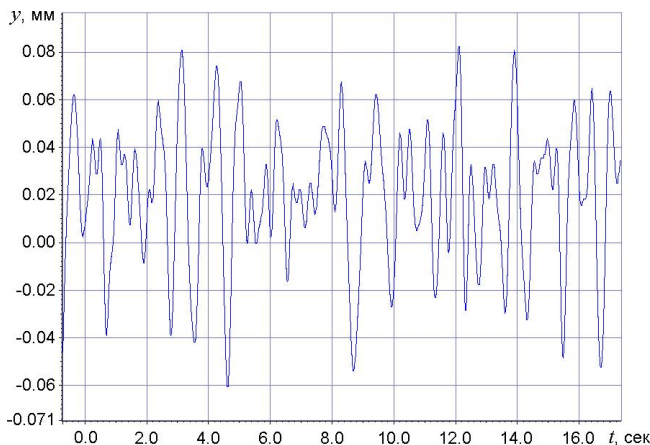


Рис. 7. Виброграмма перемещений фундаментной плиты по показаниям акселерометра 7

Таким образом, образовавшиеся вследствие низкой, по сравнению с проектной, прочностью бетона трещины привели к нарушению сплошности тела фундамента, о чем свидетельствуют чрезмерные перемещения отдельных точек фундамента в горизонтальном направлении. Для дальнейшей безопасной эксплуатации сооружения разработаны мероприятия по повышению монолитности тела фундаментов и удовлетворения требований нормативного документа [3].

Библиографический список

1. СНиП 2.03.01–84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 80 с.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. – М.: ОАО «ЦПП», 2008. 90 с.
3. СНиП 2.02.05–87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками./ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. 32 с.
4. СП 13-102-2003. Свод правил. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений/ Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. 40 с.
5. Марк Серридж, Торбен Р. Лихт Справочник по пьезоэлектрическим акселерометрам и преусилителям. К.Ларсен и сын. Глюструн. Дания, 1987, 186 с.